Auffällige Zellformen in der Niere von *Mustelus* und im Skleralknorpel von *Syngnathus*

Von

H. Joseph in Wien

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Jänner 1918)

Gleichzeitig und unabhängig voneinander teilten im Jahre 1895 einerseits Böhm und Davidoff, andrerseits Landauer einen Befund an den Epithelzellen der gewundenen Kanälchen in der Säugerniere mit, wonach die einzelnen Zellen mittels seitlicher flügelartiger Fortsätze untereinander verschränkt seien, so daß die Zellgrenzen in der Flächenansicht nicht die gewohnte polygonale Form, sondern einen mäandrisch geschlängelten Verlauf aufwiesen. Hierbei ergaben sich Einzelheiten, die noch zur Sprache gebracht werden müssen. Demgegenüber bestritt v. Ebner die Richtigkeit dieser Darstellung, namentlich mit Hinblick auf die tatsächlich etwas weitgehende Ansicht Landauer's, daß sich aus dieser kannelierten Beschaffenheit der Zellseitenflächen die sogenannte Stäbchenstruktur des Nierenepithels als Trugbild erklären lasse; v. Ebner führt als Gegenbeweis die Abbildung eines flachgeschnittenen Kanälchenabschnittes vom Meerschweinchen an, in welchem die Interzellularsubstanz samt den oberflächlich gelegenen »Stäbchen« nach Golgi imprägniert ist, wobei die letzteren infolge ihrer etwas schrägen Ansicht einen zackigen Zellkontur vortäuschen können. Gleichzeitig wird auch die noch zu berührende Angabe von S. Schachowa, betreffend die Form und Abgrenzung der Nierenepithelzellen,

einer ablehnenden Kritik im gleichen Sinne unterworfen. Es sei gleich hier bemerkt, daß die Übereinstimmung der v. Ebner'schen Abbildung mit denen der drei eingangs erwähnten Autoren keine wesentliche, sondern nur eine sehr oberflächliche ist, indem bei v. Ebner von rund geschwungenen Mäanderlinien in keinem Falle gesprochen und die Identität der den beiden Parteien vorgelegenen Objekte nur dann angenommen werden kann, wenn eine derselben sich bei der Abbildung des Präparates ein grobes Mißverständnis zu Schulden kommen ließ. Wie sich zeigt, haben aber beiderseits ganz naturgetreue Wiedergaben zweier freilich völlig verschiedener Objekte stattgefunden. Auf diesen Gegensatz zwischen v. Ebner und den drei Entdeckern des mäandrischen Grenzverlaufes hat übrigens auch schon K. W. Zimmermann in seiner noch ausführlich heranzuziehenden Arbeit über diesen Gegenstand nachdrücklich hingewiesen. Auch M. Heidenhain beschäftigte sich neuerdings mit der Angelegenheit und entscheidet sich dafür, daß die Wahrheit in der Mitte liege. Er findet tatsächlich in den gewundenen Kanälchen der Maus Zellgrenzen von etwas unregelmäßiger Beschaffenheit (Fig. 623, p. 1022), die aber bei weitem nicht so stark mäandrisch verlaufen, wie dies die Bilder von Böhm-Davidoff und Landauer zeigen. Immerhin gibt auch M. Heidenhain zu, daß diese Eigentümlichkeit der Zellbegrenzung die Feststellung der Zellgrenzen auf Vertikalschnitten des Epithels oft erschwert. Andrerseits findet er freilich auch Fälle, in denen die Zellgrenzen in Übereinstimmung mit v. Ebner's Versicherung ganz einfach polygonal sind. Im gleichen Jahre wie M. Heidenhain (1911) und offenbar auch noch nicht in Kenntnis von dessen Stellungnahme kam auf die Frage in sehr ausführlicher Weise K. W. Zimmermann zurück, und zwar mit dem Gesamtresultat, daß er die Böhm-Davidoff-Landauer'schen Bilder bei verschiedenen Säugern einschließlich des Menschen nicht nur völlig bestätigen, sondern auch in bezug auf die Topographie des Vorkommens und eine Anzahl weiterer Details wesentliche Bereicherungen unserer Kenntnisse beibringen konnte. Durch diese gründliche, auf einem größeren, sorgfältig studierten

Material fußende Abhandlung wird nicht nur die Tatsache, soweit sie noch als zweifelhaft gelten konnte, als völlig unbestreitbar erwiesen, sondern auch eine befriedigende Erklärung dafür gegeben, warum einzelne Autoren (v. Ebner, teilweise M. Heidenhain) nichts oder nur wenig von der Erscheinung sehen konnten. Es handelt sich eben um bloß lokale Vorkommnisse und in gewissem Grade auch um Abweichungen zwischen den untersuchten Spezies. In seiner gewissenhaften Literaturübersicht wies Zimmermann auch auf eine Anzahl früherer Angaben hin, die den bisherigen Autoren entweder unbekannt geblieben waren oder nicht die gebührende Würdigung gefunden hatten. In Bezug hierauf sei im Ganzen auf die Zimmermann'sche Arbeit verwiesen und nur einiges sei hier hervorgehoben. So in allererster Linie Zimmermann's Hinweis auf eine Stelle bei R. Heidenhain, dessen Abbildung er auch reproduziert. Letztere stellt eine isolierte Zelle aus der Hundeniere dar, die getreu jenes Verhalten des Umrisses zeigt, wie es die drei anfangs zitierten Forscher beschrieben haben. Es erscheinen in diesen Zellen die oberen kernhaltigen Abschnitte als »unregelmäßige, zackige Gebilde«. Es geht hieraus hervor, daß die, obwohl auffällige, dennoch selbst nach ihrer genaueren, auf Grund moderner Methoden erfolgten Beschreibung von bewährten Forschern in Zweifel gezogene Zellform dem großen Physiologen bereits bekannt war. Dies ist umso bemerkens- und bewundernswerter, als wir sehen, daß selbst ohne die Kompliziertheit und das Raffinement der heutigen Mikrotechnik die einfachen Kunstgriffe der klassischen Periode mikroskopischer Forschung in der Hand eines ihrer Repräsentanten Tatsachen zutage zu fördern imstande waren, deren einwandfreie Feststellung noch im 20. Jahrhundert strittig geblieben ist. Dem Sohne R. Heidenhain's, der pietätvoll und mit gewiß berechtigtem Stolze die vielseitigen Leistungen seines Vaters wiederholt an passender Stelle hervorhebt, scheint dieser Fund entgangen zu sein, denn er erwähnt in seinem Buche nichts davon. Des Ferneren sei hier vermerkt, daß in Zimmermann's Literaturübersicht die zweifellos richtige Erkenntnis der Hauptsache in der Dissertation von S. Schachowa ins verdiente Licht gerückt wird,

denn diese Autorin hat die seitlich vorspringenden Leisten und die dazwischen liegenden Furchen sowie das Ineinandergreifen dieser Formen an den Zellen der Tubuli contorti der Hundeniere in einwandfreier Weise erkannt. Auch Zimmermann selbst hat schon bei früherer Gelegenheit (1898) an gewissen Stellen der Kaninchenniere den Verlauf der Kittleisten als etwas wellenförmig geschlängelt befunden. In seiner neueren Arbeit hat nun Zimmermann, wie schon bemerkt, eine genaue morphologische und topographische Analyse vorgenommen, und zwar an nach Golgi-Kopsch und nach Benda-Heidenhain mit Chromsilber, beziehungsweise Eisenhämatoxylin behandelten Präparaten aus den Nieren verschiedener Säuger. Er findet die mit mäandrischen Grenzen versehenen Zellen an drei Stellen des Nierenkanälchens, nämlich (ich bediene mich der vom Autor vorgeschlagenen Einteilung des Kanälchens) im Tubulus contortus bis in den Anfangsteil der pars radiata, im Isthmus und im Mittelstück. Ohne auf alle Details an dieser Stelle genau einzugehen, sei doch einiges Wesentliche zitiert. Im Tubulus contortus (Hund und Katze) ist das Kittleistenbild, also die Begrenzung der freien Zellfläche, ein recht kompliziertes, die basale Zellgrenze einfacher, wenn auch noch geschlängelt. Bekanntlich fanden Böhm-Davidoff und Landauer gerade an der Basalfläche die auffallende starke Schlängelung, die freie Fläche jedoch polygonal oder von nur wenig geschlängelten Linien umrissen. Die Zellgrenzen als solche kann Zimmermann in den basalen Flachschnitten überhaupt nicht erkennen, er findet sie bloß markiert durch aus groben Punkten bestehende Schlangenlinien, die den Querschnitten der basalen Körnerreihen (= R. Heidenhain'sche Stäbchen) entsprechen. Die eigentlichen, nicht sichtbaren Zellgrenzen müssen sich zwischen diesen dunklen Pünktchen durchwinden, da man ja nicht annehmen kann, daß die Körner an einer Zellgrenze alle zu einer einzigen Zelle gehören. Der Übergang des mäandrischen Epithels (respektive Kittleistennetzes) in das polygonale vollzieht sich überall plötzlich, und zwar so, daß an der Berührungsstelle beider Gebiete die polygonalen Elemente formbestimmend sind, d. h. die mäandrisch begrenzten Zellen

daselbst eine Strecke mehr oder weniger geradlinigen Konturs aufweisen. Die Zellen des Isthmus sind, namentlich beim Hunde, durch ihre reiche und feine Verzweigung (Golgi-Bilder!) ausgezeichnet, wodurch sie in der Gestalt Chromatophoren gleichen. Im Mittelstück endlich findet sich nach Zimmermann insofern eine Übereinstimmung mit Böhm-Davidoff und Landauer, als er hier den basalen Zellkontur komplizierter geschlängelt, den freien hingegen einfacher, oft wirklich nur polygonal gestaltet darstellen konnte. Auf einiges andere gehe ich erst bei Besprechung meiner Bilder ein.

Ich verfüge schon seit mehreren Jahren über Beobachtungen an Präparaten der *Mustelus*-Niere (Konservierung mit Kaliumbichromat-Formol-Eisessig, Färbung mit M. Heidenhain's Eisenhämatoxylin), welche in vieler Hinsicht mit den Böhm-Davidoff-Landauer'schen Bildern vergleichbar sind und vor allem mit jeder nur wünschenswerten Deutlichkeit beweisen, daß solche leistenförmige Verschränkungen, beziehungsweise mäandrische Zellgrenzen den Nierenzellen dieser Tiere wirklich zukommen. Andrerseits muß ich aber, was die Frage der Stäbchen betrifft, der Anschauung Landauer's entgegen- und derjenigen v. Ebner's beitreten. Auch differieren meine Beobachtungen in gewissen Einzelheiten, so in bezug auf das Höhenniveau, in dem sich die Erscheinung lokalisiert (in gleichem Sinne wie in einem Teile der Zimmermann'schen Beobachtungen) und in gewissen speziellen Formverhältnissen der Zellumgrenzung von denen der drei Entdecker (eigentlich unbewußten Wiederentdecker) des Verhaltens.

Ich will sogar diesen letzten Punkt an die Spitze meiner Besprechung stellen, wenigstens insoweit, als er ja beim ersten Blick auf meine Tafel auffallen muß. Wenn man die Figuren Landauer's und Böhm-Davidoff's betrachtet, so merkt man sofort, daß im allgemeinen der polygonale Umriß der einzelnen Zelle noch zu erkennen ist, obwohl die Konturlinie in mannigfacher und oft recht unregelmäßiger Weise hin und wieder verläuft. In der Mitte bleibt stets ein größeres kontinuierliches Feld übrig, in welchem der Kern reichlich

Platz findet, wobei noch ein Teil der Fläche frei bleibt. Selbst auch die vielfach bedeutend komplizierteren Zellumrisse, wie sie Zimmermann abbildet, zeigen in den meisten Fällen eine größere zentrale Fläche, wenn auch der ursprüngliche polygonale Umriß meist schon ganz verwischt ist. Sehr lehrreich ist in dieser Hinsicht der Vergleich zwischen seiner Fig. 48 *a* und 48 *b*). Nur in einzelnen Fällen (so in Fig. 2 und 4) ist der zentrale Flächenanteil so reduziert, daß eine Ähnlichkeit mit der von mir festgestellten Form herauskommt. Um einen Vergleich anzuführen, die Form der mäandrisch begrenzten Säugernierenzellen ähnelt meist gewissermaßen einem zackigen menschlichen Schädeldachknochen oder, besser noch, einem etwas größeren Schaltknochen einer Schädelnaht. Im Gegensatz hierzu gleichen die von mir gefundenen Zellumrisse (Fig. 1 und 2) mehr den kleinsten Schaltknöchelchen der Schädelnähte, indem jede größere zentrale Flächenentfaltung fehlt und eigentlich nur einige wenige, von einem gemeinsamen Zentrum entspringende finger- oder keulenförmige Gebilde die ganze Figur zusammensetzen. Die Zahl dieser Fortsätze ist gering, meist etwa vier bis sieben. Im Innern dieser unregelmäßigen Figur wäre für die Kerne der Epithelzellen, wie der Vergleich mit anderen Stellen meiner Bilder lehrt, absolut kein Platz. Bemerkenswert ist es, daß auch jenes Gebilde, welches infolge seiner winzigen Größe selbst in dem schmalen Zentrum dieser unregelmäßig-sternförmigen Figur wohl Platz finden würde, nämlich das Centriol (Diplosom), diesen Platz verschmäht und mit großer Regelmäßigkeit in dem abgerundeten und meist etwas verbreiterten Ende eines der keulenförmigen Fortsätze zu finden ist. Dies geht besonders deutlich aus Fig. 1 hervor. Nach dem bisher Gesagten bedarf es fast gar keiner besonderen Betonung, daß die hier besprochenen Zellgrenzen meines Objektes die Kittleisten sind und es sich dementsprechend um die Oberflächenansichten des freien Epithelpols handelt. Es ist eine Stelle aus dem an das Malpighi'sche Körperchen anschließenden schmalen und stark gewundenen Kanälchenstück der *Mustelus*-Niere, in welchem noch kein Stäbchen- oder Bürstenbesatz entwickelt

ist, das aber im Basalteil der Zellen die als R. Heidenhain'sche Stäbchen bezeichneten Fäden deutlich erkennen läßt. Da dieser Rohrabschnitt sehr eng und daher seine innere Wölbung sehr stark ist, andrerseits die Epithelzellen relativ sehr groß und daher gering an Zahl sind, erscheint es begreiflich, daß man die Schlußleistennetze in keiner sehr großen Ausdehnung zur Ansicht bringen kann, und es oft sogar schwer fällt, die Schlußleistenfigur auch nur einer einzigen Zelle vollkommen zu erblicken, da die Schnittebene allzu leicht aus deren Niveau herausrückt. In Fig. 1 ist es gerade eine einzige fünfzackige Schlußleistenfigur, die ganz erscheint, während die anderen an irgend einer Stelle in die bereits nicht mehr tangential oder horizontal getroffenen Zellabschnitte übergehen und daher unvollständig bleiben. Noch deutlicher ist letzteres Verhalten im linken Bereiche der Fig. 2 erkennbar.

Der Umstand der stark exzentrischen Lage der Centriolen ist übrigens aus dem Grunde bemerkenswert, weil man vielfach — eine ganze Menge von Abbildungen in der Literatur bekräftigt dies, man betrachte nur als Beispiel die in »Plasma und Zelle«, p. 224 wiedergegebene Abbildung M. Heidenhain's aus dem Jahre 1897 — die Beobachtung machen kann, daß die Centriolen nicht in der Mitte des Kittleistenpolygons, sondern dem Rande genähert liegen. Ich habe auf diesen Umstand 1905, p. 186 und Fig. 16, nachdrücklich hingewiesen, weil dadurch gelegentlich bei nicht ganz dünnen Schnitten die Täuschung entstehen kann, als ob das Diplosom in einer Nachbarzelle liege, was in der damals vorliegenden Frage — Centriolen in Flimmerzellen? — von Bedeutung war. Zimmermann, der gleich mir die Zentralkörper berücksichtigt, indem er sie in dreien seiner Figuren mitabbildet, zeichnet sie auch bei gewundenem Kittleistenverlauf nicht in jener peripheren Lage, in der sie mir begegnet sind, sondern, soweit es der meist gleichzeitig angegebene Kern gestattet, in relativ zentraler Stellung. Die von ihm einmal (Fig. 45) gezeichnete Zentralgeißel ist gewiß auch bei *Mustelus* vorhanden (vgl. meine Abbildungen von der *Torpedo*-Niere, 1902), aber sie entzog sich diesmal, wohl hauptsächlich infolge des

störenden Kanälcheninhaltes, dem sicheren Nachweis und namentlich der photographischen Wiedergabe.

Aus der Eigenartigkeit des Kittleistenverlaufes ergibt sich nun ein besonderes Verhalten im Vertikalschnitt des Epithels (Fig. 2, rechter Teil, namentlich in der unteren Kanälchenwand deutlich), das übrigens auch Zimmermann schon ausdrücklich vermerkt. Wenn nicht die Verteilung der Kerne und die aus noch zu erörternden Gründen tatsächlich deutliche Markierung der seitlichen Zellflächen im Bereiche des basalen Zellabschnittes wäre, würden die Kittleisten allein nicht ausreichen, um die Breite einer Zelle abzustecken, denn naturgemäß müssen die mäandrischen Kittleisten über dem Bereiche einer Zellbreite mehrmals in unregelmäßigen Abständen vom Schnitte getroffen werden, so daß über einem Kerne oft sechs bis mehr geschwärzte Pünktchen als Kittleistendurchschnitte erscheinen. Selbstverständlich finden sich auch lineare Ansichten der Kittleisten, namentlich im Längsschnitt der Kanälchen, weil, wie der linke Teil von Fig. 2 zeigt, eine Längsstreckung der bügelartigen Mäanderabschnitte im Sinne der Kanälchenachse eine häufige Erscheinung ist.[1]

---

[1] Nur ganz nebenbei will ich auf die Äußerung Zimmermann's, betreffend die Basalkörperchen der Bürstensäume, hier eingehen. In den von mir hier geschilderten Kanälchenabschnitten waren überhaupt keine Bürstensäume vorhanden, so daß die Frage ihrer Basalkörperchen von selbst entfällt. Man sieht ja auch auf meinen Horizontalschnitten im Kittleistenniveau nichts davon. Aber auch für die tatsächlich mit Bürstensäumen versehenen Zellen, wenigstens bei den Selachiern und Amphibien, möchte ich das Vorhandensein echter Basalkörper in Abrede stellen. Ich leugne es nicht, daß im Vertikalschnitt gelegentlich an der freien Plasmagrenze Punktreihen erscheinen, aber diese haben sicher nichts zu tun mit echten regelmäßigen Basalkörperanordnungen und sind auf Horizontalschnitten niemals etwa in der Weise zu beobachten, wie dies bei wirklichen Flimmerzellen möglich ist. Ich habe früher auch irrtümlich für die Nierenbürstensäume Basalkörper angenommen (1902), habe mich aber bald von der Unrichtigkeit dieser Behauptung überzeugt (1905) und glaube auch, daß das, was ich für *Anamnier* feststellte, auch für die Amnioten, namentlich die Säuger, gilt. Weder meine eigenen Beobachtungen an letzteren noch die zahlreichen Abbildungen anderer von angeblichen Basalkörpern der Bürstenzellen lassen, was Größe, Form und Regelmäßigkeit der Anordnung betrifft, eine Überein-

Die seitliche Abgrenzung der Zellen voneinander wurde Böhm-Davidoff, Landauer und v. Ebner durch die Imprägnation der Zwischenmasse mit Chromsilber möglich. In meinen Präparaten hat die Eisenhämatoxylinfärbung einen ähnlichen, wenn auch nur teilweisen Effekt erzielt, und es ergibt sich daraus das auch schon von Zimmermann beschriebene Verhalten der Zellen im basalen Abschnitt. Schon in den vertikal getroffenen Zellen der Fig. 2 zeigt sich eine gewisse Übereinstimmung mit der Fig. 1 von Landauer, nämlich vor allem basal entwickelte, dunkel gefärbte Streifen. Während diese aber bei Landauer ohne Rücksicht auf mutmaßliche Zellgrenzen den Raum dicht und gleichmäßig ausfüllen, haben sie bei mir, wie ich beweisen kann, deutliche Beziehungen zu den hier einfacher gestalteten Seitenflächen der Zellen. Es sind — und hier muß ich auf die wesentliche Übereinstimmung der Fig. 1099, p. 354, v. Ebner's und der Fig. 2 Zimmermann's mit dem rechten Teile meiner Fig. 1 verweisen — stäbchenartige Bildungen, eben die »R. Heidenhain'schen Stäbchen«, die ganz peripher im Zellplasma liegen und infolgedessen im Vertikalschnitt durch den basalen Zellteil (Fig. 2) sowie in dessen Flachschnitt (Fig. 1 rechts) die Zellgrenzen außerordentlich deutlich bezeichnen. Und in letzterer Abbildung sieht man nun, daß diese Zellgrenzen ganz normal aussehen, es sind unregelmäßige Polygone. Wir kommen also bezüglich der Gesamtgestalt der Zellen zu folgender Vorstellung: Der Basalteil bis nahezu zu drei Vierteilen der Zellhöhe ist wie bei den meisten »Zylinderepithelien« prismatisch gestaltet, erst von da an treten Furchen und Leisten auf, die ihren schärfsten Ausdruck in der mäandrischen Kittleistenfigur an der freien Oberfläche finden. Höchstwahrscheinlich entspricht die geringe Anzahl der Fortsätze in der Kittleistenkurve der Anzahl der Prismenkanten einer Zelle. Sehr instruktiv sind jene Stellen in den Präparaten, wo infolge des Herausfahrens aus der Ebene der

---

stimmung mit echten Flimmerapparaten erkennen. Die positiven Angaben beruhen meiner Überzeugung nach auf der Mißdeutung und Überschätzung randständig gelegener, kleinster Plasmagranula von indifferenter Bedeutung bei ausschließlicher Berücksichtigung von Vertikalschnitten.

freien Fläche die Kittleiste sich gewissermaßen öffnet und in die Zellbegrenzung der Seitenfläche übergeht. So sieht man z. B. in Fig. 1 an der mit *a* bezeichneten Stelle links noch ein Stück der mäandrischen Kittleiste samt Centriol, rechts hingegen bereits eine an die »Öffnung« der Kittleiste anschließende rundliche Anordnung der peripher gelegenen punktförmigen Stäbchenquerschnitte. Und noch schöner zeigt die mit *b* bezeichnete Zelle in Fig. 2, soweit sie vertikal getroffen ist, die durch geschwärzte, dicke, körnige Linien bewirkte seitliche Zellbegrenzung, die aber dann im Bereiche der tangential getroffenen Kanälchenwand in die mäandrische Kittleiste sich fortsetzt.

Wer die Struktur der polygonalen Zellgrenzen in meiner Fig. 1 mit Zimmermann's Fig. 2 vergleicht, wird — von der Form der Zellgrenzen sei abgesehen — eine völlige Übereinstimmung finden. Ich möchte mich der oben referierten Deutung Zimmermann's anschließen, wonach jedes Pünktchen immer nur einer Zelle zugehört und die hier unsichtbaren Zellgrenzen sich zwischen den ungefähr abwechselnd der einen oder der anderen Nachbarzelle zugehörigen Stäbchenquerschnitten durchschlängeln müssen. Dadurch müßte hier eine »sekundäre« Schlängelung des Zellkonturs entstehen, die entweder den polygonalen Maschen des basalen Zellgrenzennetzes oder dessen mäandrischen Linien gewissermaßen aufgesetzt wäre. Diese Schlängelung »zweiter Ordnung« wäre natürlich mit der hier in Rede stehenden Haupterscheinung nicht zu vergleichen. Ursache für die abwechselnde Stellung der Stäbchen müßte wohl ein besonderer Umstand sein, etwa der, daß die Nierenzellen in ihrem basalen Abschnitt dicht aneinandergepreßt sind und die Stäbchen der Nachbarzellen infolgedessen, vergleichbar den Gliedern zweier der Länge nach aneinandergedrückten, locker gefädelten Perlenschnüre, nicht einander gegenüber stehen bleiben können, sondern, sich aneinander vorüberschiebend, in alternierende Stellung gerieten.

Die Körperform der im vorstehenden von mir dargestellten Nierenzellen von *Mustelus* zeigt ein gegensätzliches Verhalten zu jenem, wie es Böhm-Davidoff und Landauer

bei Säugern fanden. So ist nach letzterem beim Meerschweinchen der Kontur des freien Zellendes nur schwach wellenförmig oder selbst ganz glatt polygonal — man vergleiche auch die ähnlich lautenden Angaben M. Heidenhain's für die Mausniere — und erst die basale Zellfläche hat die mäandrische Umgrenzung, beim Hund hingegen zeigt nach den beiden Autoren sowohl Innen- als Außenfläche des Zellprismas die wellenförmige Umrandung. Zimmermann fand, wie ich schon oben hervorhob, im Tubulus contortus ein im allgemeinen mehr meiner Beschreibung, im Mittelstück hingegen ein derjenigen von Böhm-Davidoff und Landauer analoges Verhalten. Es wird sich wohl zweifellos bei systematischer Durchforschung des ganzen Kanälchenverlaufes ein allgemeines gesetzmäßiges Verhalten nachweisen lassen und der Widerspruch in den verschiedenen Beschreibungen aufgeklärt werden können. Ich möchte hier nur ein Symptom einer solchen Gesetzmäßigkeit festhalten, es ist die Tatsache, daß Zimmermann bei Säugern, ich bei *Mustelus* im distalen (glomerularen) Abschnitt des Kanälchens übereinstimmend die komplizierteren Kittleistenformen und die einfacheren Basalgrenzen an den Epithelzellen finden.

Es bedarf zwar heute keines besonderen Beweises mehr, daß die Erklärung der Streifung respektive der Stäbchenstruktur der Nierenzelle bei Böhm-Davidoff und Landauer eine unrichtige ist. Zuletzt noch hat J. Arnold (1914, p. 103 und 115) sich in gleichem Sinne ausgesprochen. Die Streifung ist nicht der Ausdruck der Zellkannelierung, sondern einer wirklich existierenden fädigen Struktur. Wenn die Streifung bloß das Bild der leistenartigen Vorsprünge in der Seitenansicht respektive im Vertikalschnitt wäre, dürften Zellen, deren Basalhälfte prismatisch-polygonal gebaut ist, die »Stäbchen« nicht erkennen lassen. Das ist nun aber durchaus nicht der Fall, denn gerade die völlig polygonal-prismatische Basalhälfte der *Mustelus*-Nierenzellen zeigt deutliche Stäbchen, und für viele andere Objekte gilt das Gleiche. Ebenso gibt es Nierenzellen von durchwegs der ganzen Höhe nach polygonal-prismatischer Gestalt, die trotzdem deutliche Stäbchen aufweisen. Der Unterschied liegt nur darin, daß

prismatische Zellen die Stäbchen auf dem Vertikalschnitt in enger Beziehung zu den seitlichen Zellgrenzen zeigen, während diese letzteren an stark mit leistenförmigen Vorsprüngen versehenen Zellen nicht erkennbar sind, vielmehr die scheinbar nicht in Zellterritorien abgrenzbare Plasmamasse sich ihrer ganzen Breite nach von den Stäbchen erfüllt zeigt. Es ist das geometrisch nur ein Analogon zu der erwähnten Vervielfältigung der Kittleistendurchschnitte am oberen Zellrande. So muß ich also mit Hinblick auf die *Mustelus*-Niere in einer Hinsicht den drei Entdeckern recht geben, indem ich, freilich an der freien Seite, den charakteristischen mäandrischen Zellkontur bestätige; mit Bezug auf die basale Hälfte muß ich ihnen aber widersprechen, ich finde einfache Prismenform der Zelle und doch ausgesprochene Stäbchenstreifung. Aber selbstverständlich ist die Realität der Heidenhain'schen Stäbchen noch auf anderem als diesem mehr indirekten Wege beweisbar und mit Hilfe der modernen Technik schon bewiesen. Ich muß hierbei aus meiner eigenen Erfahrung an die geradezu imposanten Fadenstrukturen in der *Proteus*-Niere denken, die einer Deutung, wie sie etwa Landauer gibt, völlig unzugänglich sind.

Mit einigen Worten sei noch auf die geometrische Form der Nierenzellen eingegangen. Da ist zunächst der schon oben ausführlich erörterte Umstand nochmals hervorzuheben, daß im Gegensatz zu den Säugern die wellenförmig begrenzte freie Fläche der *Mustelus*-Nierenzelle völlig einer größeren zentralen Flächenentfaltung ermangelt. Dies hängt mit dem auch von Zimmermann in ähnlichem Zusammenhange herangezogenen Umstande zusammen, daß bei der pyramidenstumpfartigen Gestalt der einen runden Hohlraum begrenzenden Zellen deren lichtungswärts gewandte Fläche kleiner sein muß als die der Tunica propria aufsitzende, und bei meinem Objekte trifft das in besonders hohem Grade zu, weil hier die Zellen relativ sehr groß, hoch und breit, das Lumen aber sehr eng ist, so daß das Verhältnis zwischen Basis und freier Endfläche besonders stark zuungunsten der letzteren verschoben wird. Infolgedessen wird die freie Endfläche gewissermaßen gänzlich auf die lappenförmigen Fortsätze

der Kittleistenfigur verbraucht. Aber noch ein zweites sei betont. Der Umstand, daß – planimetrisch betrachtet – die Ausbuchtungen des Zellkonturs den Seiten eines polygonalen Grundrisses, also, stereometrisch gesprochen, die Leisten der Zellen den Seitenflächen der prismatischen oder richtiger pyramidenstumpfartigen Form aufgesetzt sind, scheint für die Säuger charakteristisch zu sein. Man vergleiche zur Erläuterung dieser Anschauung die Fig. 48 *a* und 48 *b* bei Zimmermann, die ein und dieselbe Epithelstelle in verschiedenem Niveau eingestellt bedeuten. Daß dabei naturgemäß auch die Ecken des Grundrisses, d. i. also die Kanten des Pyramidenstumpfes sich in abgerundete Leisten umwandeln müssen, ist eine Selbstverständlichkeit, fällt aber bei der großen Überzahl der von den Seitenflächen entspringenden Leisten quantitativ wenig ins Gewicht. Bei *Mustelus* hingegen ist es anders. Hier sind es nur wenige Leisten, in die sich die Zelle gegen den freien Pol hin auszieht und diese scheinen mir weit eher den Fortsetzungen der Ecken des basalen Polygons, also den Kanten des Pyramidenstumpfes zu entsprechen. Die Struktur ist eben hier viel gröber, wie wir ja auch wissen, daß sie innerhalb der Säugergruppe sehr schwanken kann, man vergleiche nur die Fortsatzbildung etwa in Fig. 20 und 38 bei Zimmermann mit der Fig. 46 desselben Autors.

Ganz kurz möchte ich noch anfügen, daß ich von anderen Selachiern *Torpedo* untersucht habe und im gleichen Kanälchenabschnitt eine ähnliche Kittleistenform auffand. Doch war diese noch viel einfacher und namentlich wegen der besonderen Enge des Kanälchens an dieser Stelle noch viel weniger zur bildlichen Darstellung geeignet. Da mir von den hier erwähnten und anderen Objekten verläßliche kontinuierliche Schnittserien und entsprechendes konserviertes Material derzeit nicht zur Verfügung steht, wie es unbedingt erforderlich wäre, um mit peinlicher Genauigkeit den Verlauf des ganzen Kanälchens zu verfolgen, mußte ich mich in dieser Mitteilung auf die bloße Feststellung eines der Säugerniere analogen Verhaltens beschränken und hoffe, daß die Lücke auf irgend welche Weise baldigst ausgefüllt werde.

In einem nur ganz äußerlichen Zusammenhang mit dem eben erwähnten Formverhältnis der *Mustelus*-Nierenzellen steht eine Beobachtung, die ich schon vor etwa 20 Jahren während meiner Studienzeit gemacht habe und an die ich mich beim Anblick der mäandrischen Kittleistenformen sofort erinnerte. Ich fand auch das betreffende Präparat noch vor und gebe in Fig. 3 ein Photogramm desselben wieder. Es handelt sich um einen Flachschnitt durch den dünnen Skleralknorpel der Seenadel (*Syngnathus*). Die Knorpelhöhlen in diesem hyalinen Knorpel und somit auch die darin enthaltenen Zellen haben, wie das Bild zeigt, Gestalten, die, in etwas reichlicher gegliederter Form, die Kittleistenfigur aus der *Mustelus*-Niere wiederholen, wobei natürlich kein direktes Aneinanderstoßen der einzelnen Zellen, wie das im Epithel ähnlich den Stücken der gewissen modernen Zusammenlegespiele statthat, durchgeführt ist, sondern die einzelnen Figuren durch wenn auch schmale Streifen der Knorpelgrundsubstanz getrennt werden. In den meisten der hier dargestellten Knorpelhöhlen ist das Zellplasma offensichtlich geschrumpft und von der Wand retrahiert. Es ist gewiß der Hervorhebung wert, daß diese auffällige Zellform sich bloß auf den Skleralknorpel des Fisches beschränkt, während unmittelbar benachbarte Teile des Schädel- und Kiemenskelettes sowie alle anderen Skeletteile normale rundliche oder elliptische Knorpelzellen aufweisen. Infolge der außerordentlich geringen Dicke des Skleralknorpels entzieht sich die Zellform auf dem senkrechten Durchschnitte völlig der Wahrnehmung und nur entsprechende Tangentialschnitte des Bulbus lassen das Verhältnis erkennen.

Ich zweifle nicht daran, daß ähnliche Beobachtungen am Skleralknorpel oder an anderen knorpeligen Gebilden schon gemacht worden sind und verweise, ohne auf Vollständigkeit irgend welchen Anspruch erheben zu wollen, auf ein paar Angaben, die ich auffinden konnte. So spricht Leydig (1852) vom Knorpel der Selachier, »dessen Zellen rund, länglich, sehr häufig nierenförmig oder von unregelmäßig gebuchteter Gestalt sind«, und erwähnt (1853) sternförmige Zellen im Schädelknorpel und strahlenförmige im

Skleralknorpel vom Stör. Langhans findet indessen gerade im Skleralknorpel von *Syngnathus* dicht gestellte rundliche Zellen, bildet hingegen in einem Flachschnitt des Skleralknorpels von *Sternoptyx* stark verästelte Zellen ab, die an meine Figur von *Syngnathus* einigermaßen erinnern. In der zahlreichen Literatur über das Fischauge dürften wohl ab und zu noch hierhergehörige Daten zu finden sein, so daß ich auf keinen Fall irgend einen Prioritätsanspruch, betreffend die Entdeckung der hier geschilderten Zellformen, erheben möchte.

Ich kann es übrigens nicht unterlassen, noch auf eine Zellart hinzuweisen, die in ihrer Gestalt und in dem Verhältnis zu ihresgleichen in viel höherem Grade das Nierenepithelmosaik von *Mustelus* imitiert als die hier erwähnten Knorpelzellen, das sind die durch viele Abbildungen bekannten Epidermiszellen zahlreicher Pfanzen, die durch wenige große, lappenförmige Fortsätze untereinander verzapft sind (wobei freilich die Einschaltung des Spaltöffnungsapparates in das Mosaik das Bild noch kompliziert).

Wenn man, wie ich, ziemlich durchdrungen ist von der Anschauung, daß Strukturen, namentlich Formen und Differenzierungen des Plasmas, ein Ausdruck funktioneller Gestaltung sind, so wird man auch in Fällen wie dem vorliegenden an die Möglichkeit einer Deutung wenigstens denken dürfen. Es sei mir gestattet, ohne die Absicht, alles Denkbare zu erschöpfen, hierüber einige Betrachtungen anzustellen.

Vom rein mechanischen Standpunkt aus könnte man sich in der Verzapfung der Epithelzellen ein Mittel zur Verfestigung des Gewebszusammenhanges vorstellen und ein Ähnliches könnte vielleicht sogar für den Hyalinknorpel in Anspruch genommen werden. Freilich braucht die Annahme, daß die Verzapfung der Epithelzellen festigkeitserhöhend wirke, schon aus dem Grunde nicht als unbedingt einleuchtend hingenommen zu werden, weil wir ja über keinerlei Erfahrungen verfügen, welche einerseits das Aneinanderhaften der polygonalen Zellen als minder fest, andrerseits das Erfordernis einer besonderen Verstärkung des

Haftens in unserem Falle als vorhanden erweisen, endlich weil auch kein sichtbarer Grund dafür vorliegt, für zweifellos ähnlich funktionierende Zellen die Wirksamkeit dieses Haftapparates einmal im basalen, einmal im freien Bereich anzunehmen und weil der Wechsel des Verhaltens in verschiedenen Niveaus des gleichen Zellgebietes noch einer besonderen Erklärung bedürfte.

Zieht man andrerseits die Anforderungen des Stoffwechsels in Betracht, so könnte namentlich beim Knorpel das Prinzip der Vergrößerung der aktiv wirksamen plasmatischen Oberfläche in Anwendung gebracht werden. Für die Niere freilich müßte eine solche Annahme noch detaillierter analysiert werden, und ein solcher Versuch sei hier in Angriff genommen. Wenn man auch, um zunächst nur von Einem zu reden, der allgemein üblichen Deutung der Kittleisten als Abschlußmittel der interzellularen Lücken und als Verbindungsmasse der Zellen die größere Bedeutung zuschreiben mag, so wird es daneben nicht ganz absurd erscheinen, in dem Material der Kittleisten eine Substanz zu erblicken, die auch, zumal in einem sekretorischen Organ, imstande sein kann, elektiv gewisse Stoffe im Gewebe zurückzuhalten, gewisse durchzulassen oder selbst sogar im Sinne einer Aufnahme von Stoffen aus dem Drüsenlumen zu wirken. Ist man von der Denkmöglichkeit einer solchen Funktion — und dagegen spricht eigentlich gar nichts — überzeugt, so erscheint auf die Umwandlung des polygonalen Leistenverlaufes in einen mäandrischen das Prinzip der Oberflächenvergrößerung ohne weiteres anwendbar, denn es ist leicht einzusehen, daß die zahlreichen wellenförmigen Biegungen eine Vermehrung der Kittleistenlänge auf ein Mehrfaches bewirken müssen.

Aber ich glaube, man kann vielleicht in der Verfolgung einer solchen Idee noch weiter gehen. Man könnte nämlich einwenden, daß die Substanz der Kittleisten nicht allein es ist, welche die angenommene Komponente der Nierentätigkeit versieht, sondern daß auch die Vergrößerung der Interzellularräume, beziehungsweise der diese begrenzenden Zellseitenflächen hierbei wesentlich, wenn nicht am Ende

ausschließlich maßgebend ist, ausschließlich z. B. in jenen Fällen, wo der mäandrische Grundriß auf die basale Zellhälfte beschränkt, die freie Seite hingegen polygonal umgrenzt, die Kittleiste also nicht vergrößert ist. Sollte es ferner etwa die Funktion der Heidenhain'schen Stäbchen erfordern, daß sie oberflächlich liegen, wie es ja für das vorliegende Objekt nach den übereinstimmenden Äußerungen vieler Autoren augenscheinlich gilt, so müßte eben in der Kannelierung der Oberfläche das zweckmäßigste Mittel zur Vermehrung dieser für die Drüsentätigkeit offenbar sehr wichtigen Elemente anzuerkennen sein. Dabei kann man noch immer die Alternative bestehen lassen, ob die Tätigkeit der Stäbchen ausschließlich in das Zellinnere gerichtet ist oder ob auch die Interzellularräume angesichts der oberflächlichen Lage der Stäbchen in Betracht kommen, sei es als bloße Zufuhrwege für das Rohmaterial des Zellstoffwechsels, sei es als Abfuhrweg oder Reservoir für ein Produkt desselben, also im Sinne einer Art von endokriner Tätigkeit der Nierenzelle. Natürlich könnte da weiter dem Kittleistennetz entweder nur die Bedeutung eines Abschlußapparates oder eines mehr oder weniger aktiv beteiligten Durchgangsmediums für gewisse Stoffe zukommen, je nachdem jene »innere Sekretion« wirklich eine solche ist, daher das Produkt im Innern des Körpers bleibt oder aber durch die freie Epitheloberfläche ganz oder teilweise den Weg ins Lumen findet, wie ich das schon im Anfang dieser Betrachtung ausgeführt habe.

Es sei hier übrigens noch besonders darauf hingewiesen, daß Zimmermann in seiner zweiten Mitteilung über dieses Thema, betreffend das Epithel des glomerularen Endkammerblattes, in welchem er ebenfalls sehr komplizierte Konturformen der Zellen fand, die Vermutung ausgesprochen hat, es könnte die Erscheinung mit einer interzellularen Abscheidung von Flüssigkeit etwas zu tun haben.

Aber, und hier müssen wir noch einmal auf die Erwägung mechanischer Verhältnisse zurückkommen, wäre es nicht auch innerhalb des Möglichkeitsbereiches gelegen, an eine mechanische Funktion der Heidenhain'schen Stäbchen

zu denken, die diese außer ihrer augenscheinlichen Beteiligung an dem spezifischen Sekretionsprozeß versehen könnten? Ihre Lage an der Zelloberfläche erinnert stark an die gewissen zu der Kategorie der Tonofibrillen gerechneten Elemente in anderen Epithelien nichtsekretorischer Natur. Eine Oberflächenvergrößerung der Zelle müßte dann die Möglichkeit einer Vermehrung der Stützfasern ergeben. Doch scheint gegen eine so weitgehende Annahme von der Vielseitigkeit der Stäbchenqualitäten Mehreres zu sprechen: 1. Schon die schwierige Vorstellbarkeit einer Häufung zweier so differenter Fähigkeiten, wie es der rasche Stoffwechsel eines sekretorischen und die relative chemische Stabilität eines stützenden Elementes wären, und damit im Zusammenhang 2. der bisherige Mangel eines Nachweises einer besonderen Festigkeit der Stäbchen und endlich 3. die Tatsache, daß oft, wenn auch nicht immer (z. B. gerade in meinem Falle) die Leistenbildung der Seitenfläche sich auf den oberen Zellteil beschränkt, wo bekanntlich die Stäbchen schwächer ausgebildet sind oder wohin sie gar nicht mehr reichen. (Dieses Bedenken gilt übrigens in ganz analoger Weise auch für die Annahme einer Oberflächenvergrößerung zwecks Vermehrung der sekretorischen Tätigkeit der Stäbchen.)

Es ist natürlich schwer, bei Strukturen wie der vorliegenden eine sicher erweisbare Deutung ihrer Funktion zu geben, da ja ein Großteil der wichtigsten Hinweise und Anhaltspunkte jener Art fehlt, denen bei anderen funktionellen Strukturen fast zwingender Beweiswert innewohnt, so z. B. die eindimensional differenzierte und kennzeichnend orientierte faserige Struktur der kontraktilen und der leitenden Substanz oder die trajektorielle Anordnung und leicht aufzeigbare Festigkeit der Bindegewebs- und Stützsubstanzen; aber für eines Versuches wert dürfen wir ein solches Unternehmen dennoch halten und in diesem Sinne wollen meine Erwägungen verstanden sein.

Noch ein Grund sei erwähnt, der mich trotz mangelnder fester Anhalte zu Spekulationen über die mutmaßliche funktionelle Bedeutung des morphologisch so auffallenden Phänomens veranlaßt hat und der gewiß allgemeines Interesse

verdient. Hätte man sich zu einem Schluß auf die funktionelle Bedeutungslosigkeit etwa auf Grund der Erwägung berechtigt gefühlt, daß es sich um ein untergeordnetes histologisches Detailvorkommnis innerhalb einer systematisch sehr einheitlichen Gruppe, der Säuger, handle, das, wie viele andere Merkmale eines homogenen Typus, einer funktionellen Erklärung nicht fähig oder nicht bedürftig, kurz ein »indifferenter Charakter« sei, so gewinnt die Sache, wie ich meine, ein anderes Aussehen und verringert sich in ebendemselben Grade die Möglichkeit zur Annahme eines indifferenten Merkmales in dem Momente, wo wir dasselbe in einem systematisch weit entfernten Organisationstypus, also diesmal bei den Selachiern, wiederfinden. Eine so zähe Festhaltung eines funktionell bedeutungslosen Details geht wohl ein wenig gegen die Erwartung und Erfahrung. Ebenso wie wir von der funktionellen Bedeutung und Übereinstimmung der Malpighi'schen Körperchen, der Bürstensäume, der Heidenhain'schen Stäbchen in allen Wirbeltiernieren überzeugt sind und einige dieser Strukturen sogar in analogen Organen bei Wirbellosen ähnlich wiederkehren, dürfte es nicht ohne weiteres abgelehnt werden, auch dieses, wie ich nicht zweifle, recht allgemeine Vorkommnis der mäandrischen Zellkonturen als physiologisch nicht gleichgültig anzusehen. Dies um so mehr, als ja die Homologie respektive Homodynamie von *Mesonephros* und *Metanephros*, also der bleibenden Exkretionsorgane der Selachier und der Säuger, noch keine ganz unbedingt anerkannte Tatsache ist und daher bei der vielfach doch recht verschiedenen Bau- und Entwicklungsart beider Systeme sogar noch das gewichtige Moment der bloß konvergenten und nicht infolge von Vererbung übereinstimmenden Differenzierung hinzukäme, das in besonders hohem Grade auf funktionelle Bedeutung hinweist.

Bei dieser Gelegenheit wäre auf den Schlußpassus von Zimmermann's Arbeit noch zurückzukommen, in welchen die Frage hineinspielt, ob plötzlicher Wechsel der Epithelbeschaffenheit auf das Zusammenstoßen zweier verschiedener Anlagen schließen lassen muß. Zimmermann empfindet es

als eine Schwierigkeit, daß in der Säugerniere gleich drei solche Stellen schroffen Epithelwechsels in jedem Kanälchen sich finden, während die Erwartung ja nur für eine solche Stelle spreche. Ich glaube, daß diese Angelegenheit keiner großen Mühe des Nachdenkens lohnt, hat ja eigentlich Zimmermann selbst durch seine einwandfreien Feststellungen einer solchen Erwägung die Grundlage entzogen. Dazu kommt das Vorkommen der gleichen Erscheinung in der Urniere der Selachier, deren Kanälchen man ja einen mehr oder weniger einheitlichen Ursprung zuschreibt. Freilich habe ich angesichts der schwierigen Verhältnisse und der Beschränktheit des Materials meine Untersuchungen bisher ohne Erfolg darauf gerichtet, den Epithelwechsel im Kanälchen analog dem von Zimmermann beschriebenen zu finden.

Wenn ich trotzdem meine vereinzelte Entdeckung zum Gegenstande einer ausführlichen Betrachtung machte, so glaube ich dies damit rechtfertigen zu können, daß damit die bisher bloß von den Säugern bekannte Erscheinung mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer solchen von allgemeinerem Vorkommen in der Wirbeltierreihe vorrückt und dementsprechend neben dem morphologischen auch an physiologischen Interesse gewinnen muß.

Literatur.

(Man vergleiche auch das Literaturverzeichnis bei Zimmermann, 1911.)

Arnold J., Über Plasmastrukturen und ihre funktionelle Bedeutung. Jena, 1914.

Böhm A. und Davidoff M., v., Lehrbuch der Histologie, 1895.

Ebner V., v., A. Koelliker's Handbuch der Gewebelehre des Menschen, III. Bd., 1902.

Heidenhain M., Plasma und Zelle, I. Lief. 1907, II. Lief. 1911.

Heidenhain R., Physiologie der Absonderungsvorgänge. L. Hermann's Handbuch der Physiologie, V. Bd., Teil I, 1883.

Joseph H., Beiträge zur Flimmerzellen- und Centrosomenfrage. Arb. a. d. zool. Inst. Wien, 14. Bd., 1902.

Joseph H., Über die Zentralkörper der Nierenzelle. Verh. d. anat. Ges., 19. Vers., Genf, 1905.

Landauer A., Über die Struktur des Nierenepithels. Anat. Anz., 10. Bd., 1895.

Langhans Th., Untersuchungen über die Sklerotika der Fische. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 15. Bd., 1865.

Leydig F., Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen und Haie. Leipzig, 1852.

— Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin, 1853.

Schachowa S., Untersuchungen über die Niere. Inauguraldissertation, Bern, 1876.

Zimmermann K. W., Beiträge zur Kenntnis einiger Drüsen und Epithelien. Arch. f. mikr. Anat., 52. Bd., 1898.

Zur Morphologie der Epithelzellen der Säugetierniere. Arch. f. mikr. Anat., 78. Bd., 1911.

— Über das Epithel des glomerularen Endkammerblattes der Säugerniere. Anat. Anz., 48. Bd., 1915/16.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Tangentialschnitt durch ein Nierenkanälchen von *Mustelus*, in der Mitte durch das Kittleistenniveau, rechts durch die Zellbasis. Mäandrische Kittleisten, Centriolen, bei *a* Übergang der Kittleiste in die polygonale Stäbchenanordnung der Basis infolge Schrägschnittes. Kaliumbichromat-Formol-Eisessig—Eisenhämatoxylin. Zeiß' Apochr. hom. Imm. 1·5 *mm*, Proj. Oc. 4, Photogramm. Vergr. 1360×.

Fig. 2. Tangential- und Längsschnitt durch das gleiche Objekt. Vorzugsweise Streckung der Kittleistenkurven im Sinne der Kanälchenachse. Übergang der flachgetroffenen Kittleiste in die seitlichen Grenzen der vertikal getroffenen Zellteile, namentlich bei *b* deutlich. Rechts, namentlich in der unteren Wand zahlreiche punktförmige Kittleistenquerschnitte. Präparation und Abbildung wie in Fig. 1.

Fig. 3. Tangentialschnitt durch den Skleralknorpel von *Syngnathus*. Flemmingsche Flüssigkeit, Delafield's Hämatoxylin. Zeiß' Apochr. hom. Imm. 1·5 *mm*. Proj. Oc. 2, Photogramm. Vergr. 680×.